



GAU 1725

PATENT
29089/36910

#3

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Application of:) For: METHOD AND DEVICE FOR
WEHRLI et al.) DISTURBANCE SENSING,
) ESPECIALLY COLLISION
) SENSING, IN THE DRIVE
) SYSTEM OF A NUMERICALLY
) CONTROLLED MACHINE TOOL
)
Serial No: 09/738,181) Group Art Unit: 1725
)
Filed: December 15, 2000) Examiner: Not Yet Assigned

TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENT

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

Sir:

Enclosed herewith is a certified copy of German Patent Application
Serial No. 199 60 834.2, filed December 16, 1999, upon which priority of
the instant application is claimed under 35 U.S.C. § 119.

RECEIVED
MAR 13 2001
TECHNOLOGY CENTER 1700

Respectfully submitted,

MARSHALL, O'TOOLE, GERSTEIN,
MURRAY & BORUN
6300 Sears Tower
233 South Wacker Drive
Chicago, Illinois 60606-6402
(312) 474-6300

By:

Patrick B. Law

Patrick B. Law
Registration No.: 41,549

March 12, 2001
473648

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT**

Aktenzeichen: 199 60 834.2

Anmeldetag: 16. Dezember 1999

Anmelder/Inhaber: AGIE S.A., Losone/CH

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Störungserfassung, insbesondere zur Kollisionserfassung, im Antriebssystem einer numerisch gesteuerten Werkzeugmaschine

IPC: G 05 B, B 23 Q

RECEIVED
MAR 15 2000
TECHNOLOGY CENTER

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 1. Dezember 2000
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Jerofsky

SAMSON & PARTNER

PATENTANWÄLTE · EUROPEAN PATENT ATTORNEYS · EUROPEAN TRADE MARK ATTORNEYS

UNSER ZEICHEN/OUR REF

A0108-272-DEP00Ns

No/5/sj

DATUM/DATE

16. Dezember 1999

AGIE SA
Via dei Pioppi 2
CH-6616 Losone

5

VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR STÖRUNGSERFASSUNG, INSBESONDERE ZUR KOLLISIONSERFASSUNG, IM ANTRIEBSSYSTEM EINER NUMERISCH GESTEUERTEN WERKZEUGMASCHINE

- 10 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zu Störungserfassung, d.h. zur Erkennung und Auswertung von Störfällen, im Antriebssystem einer numerisch gesteuerten Werkzeugmaschine oder dergleichen.
- 15 Bei der industriellen Nutzung von Werkzeugmaschinen ist es besonders wichtig, daß diese möglichst störungsfrei mit geringem Überwachungs- und Wartungsbedarf laufen. Etwaige Defekte an der Maschine und/oder Störfälle während der Bearbeitung führen zu ungewünschten Stillstandszeiten, und gar zu aufwendigen und kostenintensiven Reparaturen, verbunden mit dem wirtschaftlichen Ausfall durch den Stillstand der Werkzeugmaschine. Ein Störfall besonderer Art in diesem Zusammenhang ist die unerwünschte Kollision zwischen den bewegten Maschinenteilen der Werkzeugmaschine, z.B. dem Werkzeug oder dem Arbeitstisch, und dem zu bearbeitenden Werkstück sowie in dessen Umgebung befindlichen Maschinenteilen, wie Spannmittel zur Befestigung des Werkstückes am Arbeitstisch, Teile des Arbeitstisches selbst oder des Maschinengestells, Mittel zur Stromzufuhr in der Arbeitszone, Spülmittel, Rauch- und Staubabsaugmittel, vorstehende Teile der zu bearbei-
- 20
- 25
- 30

tenden oder bereits bearbeiteten Werkstücke auf einer Palette, vor allem auch Ausfallstücke, etc.. Besonders kritisch und einschränkend für die Bewegungsfreiheit des Werkzeuges sind die genannten Spannmittel. Je nach Größe und Anzahl der in der Arbeitszone aufgespannten Werkstücke sind unterschiedlich geformte und unterschiedlich viele Spannmittel dort angeordnet, die für das Bedienungspersonal nicht alle vollständig einsehbar sind und daher durch fehlerhafte Bedienung im manuellen Betrieb oder fehlerhafte Programmierung im Automatikbetrieb Kollisionen entstehen können.

Aus dem Stand der Technik sind zwar diverse Verfahren zum Schutz vor derartigen Störfällen, insbesondere Kollisionsschutzverfahren, bekannt. Eine befriedigende Lösung in puncto Praxistauglichkeit, Kosten/Nutzen-Verhältnis und Langzeitverhalten bieten sie jedoch nicht.

Zu den bekannten Kollisionsschutzverfahren gehören sogenannte vorbeugende oder präventive Verfahren, bei welchen die Werkzeugmaschine mit Kollisionsdetektoren zur Erkennung einer etwaigen Gefahrensituation ausgestattet sind, welche mit der Maschinensteuerung in Verbindung stehen und bei Bedarf die Vorschubbewegung der Werkzeugelektrode gestoppt wird. Ein Beispiel für ein derartiges Verfahren ist in der US 5 118 914 beschrieben, wonach ein am Werkzeugkopf der Maschine angeordneter Drucksensor im Kollisionsfall bei Überschreiten eines vorgegebenen Schwellendruckes eine Unterbrechung der Relativbewegung zwischen dem Maschinenkopf und dem Hindernis auslöst. Eine vergleichbare Kollisionserkennung mit Hilfe eines am Arbeitskopf angeordneten kapazitiven Sensors ist aus der JP 6-4206 bekannt. In die Kategorie der präventiven Kollisionsschutzsysteme gehören auch Abtastsysteme im Arbeitsraum einer Werkzeugmaschine, die auf dem Prinzip der Strahlenreflektion basieren, sowie bildverarbeitende Systeme. Diese präventiven Verfahren haben jedoch den Nachteil, daß sie aufgrund der erforderlichen zusätzlichen

Sensoren relativ teuer und bezüglich des Langzeitverhaltens wegen der Verschmutzung oder des Verschleißes der Sensoren ungünstig sind.

5 Andererseits sind auch sogenannte reaktive Störungsschutzverfahren bekannt, also jene Verfahren, bei denen ein Störfall, z.B. eine Kollisionssituation, erst auftritt und dann sogleich eine Unterbrechung der Vorschubbewegung über die Steuerung der Maschinen eingeleitet
10 wird. Bei einem bekannten Verfahren dieser Kategorie auf dem Gebiet von Funkenerosionsmaschinen wird der, der Bearbeitungselektrode zugeführte Antriebsstrom während der Bearbeitung überwacht und nach Auftreten eines starken Anstieges des Antriebsstromes, was auf eine Kollision
15 hinweist, eine Unterbrechung der Achsbewegungen eingeleitet.

Aus DE 196 00 538 A1 ist ein weiteres Kollisionsschutzverfahren im Zusammenhang mit der funkenerosiven Werkstücksbearbeitung bekannt, bei welchem der Maschinenbediener vor der Bearbeitung in der Steuerung sogenannte verbotene und erlaubte Zonen festlegt, so daß die Steuerung nur Vorschubbewegungen in den erlaubten Zonen zuläßt, in denen angenommen wird, daß keine Kollisionen auftreten. Zwar ist dieses Verfahren relativ kostengünstig,
20 es verlangt vom Maschinenbediener jedoch ein hohes Maß an Fertigkeit und Überblick, um die erlaubten Zonen korrekt zu programmieren. Dies ist jedoch bei komplexen Bearbeitungen, insbesondere von mehreren Werkstücken nicht immer
25 mit absoluter Korrektheit möglich.
30

Im Zusammenhang mit der Lageregelung eines Positionierantriebes einer numerisch gesteuerten Werkzeugmaschine ist aus der DE 34 26 863 A1 die Kombination von direkten und
35 indirekten Positionsmeßsystemen bekannt. Dabei ist ein erstes direktes Längenmeßsystem an dem durch einen Antriebsmotor zu bewegendem Maschinenteil angeordnet und zusätzlich ein mechanisch mit dem Antriebsmotor gekuppel-

- tes indirektes Lagemeßsystem vorgesehen. Die Meßwerte der beiden Positionsmeßsysteme werden zu verschiedenen Verbesserungen im Rahmen einer Lageregelung verwendet, z.B. exakter Genauhalt durch eine Unterlagerung der indirekten
- 5 Messung mit höherer Auflösung und Erhöhung der Regelgenauigkeit im Rahmen einer Interpolation. Für die Anwendung in Richtung einer Störungserfassung gibt es jedoch keinerlei Hinweise.
- 10 Die vorliegende Erfindung zielt daher darauf ab, einen einfachen und dennoch wirkungsvollen Schutz gegen Störfälle, insbesondere gegen Kollisionen, im Antriebssystem einer Werkzeugmaschine oder dergleichen zu schaffen.
- 15 Diese Ziel erreicht die Erfindung durch die Gegenstände der Ansprüche 1 und 11. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den jeweils abhängigen Ansprüchen beschrieben.
- 20 Danach schafft die Erfindung ein Verfahren zur Störungserfassung im Antriebssystem einer numerisch gesteuerten Werkzeugmaschine oder dergleichen, wobei mindestens ein Antriebsmotor zur Positionierung eines zu bewegenden Maschinenteils, welches z. B. ein Werkstück und/oder ein
- 25 Werkzeug der Werkzeugmaschine bewegt, wie etwa ein Vorschubschlitten oder ein X/Y-Kreuzschlitten, über ein oder mehrere Übertragungselemente gekoppelt ist, wobei: (a) die Position des bewegten Maschinenteils direkt am Maschinenteil und zusätzlich indirekt an mindesten einem
- 30 weiteren Ort der Übertragungskette gemessen wird; (b) die direkten und indirekten Positionsmeßwerte miteinander verglichen werden, und (c) der Meßwertevergleichswert unter Berücksichtigung der aktuellen Betriebsbedingungen, wie z. B. Bearbeitungsgeschwindigkeit und Beschleunigung/Verzögerung, ggf. bewegte Massen, maschinenspezifische Prozeßkräfte, etc., bei Erfüllen eines vorgegebenen
- 35 Kriteriums zur Erfassung eines Störungsfalles verwendet wird. Eine direkte Positionsmessung bedeutet hier eine

Messung am oder in unmittelbarer Nähe des bewegten Maschinenteil/s. Eine entsprechende Vorrichtung zur Störungserfassung im Antriebssystem umfaßt ein direktes Meßsystem, welches dem durch den Antriebsmotor zu bewegenden Maschinenteil zugeordnet ist, zum Messen der aktuellen Position des zu bewegenden Maschinenteils, ein indirektes Meßsystem zum indirekten Ermitteln der Position des bewegten Maschinenteils an mindestens einem weiteren Ort der Übertragungskette und eine Steuerungseinheit zum Vergleichen der ermittelten Positionsmeßwerte und zum Feststellen eines Störfalles, wenn der Meßwertvergleichswert ein vorgegebenes Kriteriums erfüllt.

Für die Störungserfassung werden also lediglich zwei oder mehrere Messungen der Position des bewegten Maschinenteils an unterschiedlichen Orten der Übertragungskette zwischen Antriebsmotor und Maschinenteil durchgeführt. Der resultierende Meßwertvergleichswert ist ein hochsensibler Indikator dafür, ob im Antriebsmotor selbst, der dazwischenliegenden Übertragungs- und Vorschubmechanik und/oder am bewegten Maschinenteil selbst, ein Störfall aufgetreten ist oder von außen im Antriebssystem eine Störung induziert wurde. Störfälle im Antriebssystem können durch einen mechanischen Defekt z.B. in der Vorschubmechanik, elektronische Probleme, z.B. im Antriebsmotor, oder durch Verschleißerscheinungen in der Übertragungskette, wie etwa durch Reibung, Erwärmung oder Verformung induzierte Spiele, verursacht werden. Eine von außen induzierte Störung im Antriebssystem wird häufig durch eine Kollision des bewegten Maschinenteils mit einem Hindernis im Arbeitsraum der Werkzeugmaschine verursacht.

All diese Störungsphänomene haben eine Verschiebung bzw. Abweichung der tatsächlichen (absoluten) Position des bewegten Maschinenteils, welcher erfindungsgemäß direkt oder in unmittelbarer Nähe des Maschinenteils, welches das Werkstück oder das Werkzeug bewegt, ermittelt wird,

gegenüber der an einem oder mehreren Orten der Übertragungskette indirekt erfaßten und in Kenntnis des Übertragungsverhaltens abgeleiteten Maschinenteilposition zur Folge. Erfüllt die Abweichung zwischen direkter und indirekt ermittelter Position ein je nach Situation vorgegebenes Kriterium, so stellt die Antriebs- bzw. Achssteuerung der Werkzeugmaschine einen bestimmten Störfall fest und leitet sofort die jeweils geeigneten Gegenmaßnahmen ein, unterbricht z. B. die Achsbewegung im Falle einer Kollision.

Wie vorstehend erwähnt, kann die Position des bewegten Maschinenteils auch an mehreren Orten der Übertragungskette indirekt ermittelt, so daß als Störungskriterium auch ein dynamischer Störungsverlauf entlang der Übertragungskette des Antriebssystems der Werkzeugmaschine erkannt werden kann, und zwar bereits vor Auftreten des eigentlichen Störfalls.

Bei einem vereinfachten aber bevorzugten Ausführungsbeispiel wird die indirekte Messung der Position des zu bewegenden Maschinenteils unmittelbar am Antriebsmotor durchgeführt. Bevorzugt wird hierfür ein der Rotorwelle des Antriebsmotors zugeordneter Drehwinkelsensor, beispielsweise ein optischer, induktiver oder kapazitiver Winkeldrehgeber oder ein Resolver, verwendet. Das zweite direkte Meßsystem zur Erfassung der absoluten Maschinenteilposition ist bevorzugt ein dem zu bewegenden Maschinenteil, z.B. einem Werkzeugkopf oder einem X/Y-Kreuztisch, zugeordnetes Linearmeßsystem, besonders bevorzugt ein optisches Längenmeßsystem, beispielsweise ein Phasengitter-Längenmeßsystem, oder ein induktives oder kapazitives Linearmeßsystem hoher Meßgenauigkeit. Somit werden bei der erfindungsgemäßen Störungserfassung die Vorteile dieser beiden Meßsysteme ausgenutzt, nämlich die ausgezeichnete Dynamik des indirekten rotatorischen Meßsystems am Antriebsmotor einerseits und die hohe Positionsgenauigkeit beispielsweise eines optischen Längenmeß-

systems zur direkten Positionsmessung des bewegten Maschinenteils andererseits. Dazu kommt noch der Vorteil, daß ein großer Teil der heute als Antriebsmotoren eingesetzten Servomotoren ohnehin über einen integrierten Drehwinkelsensor verfügen, der üblicherweise zur Lageregelung im Antriebssystem von Werkzeugmaschinen verwendet wird. Nutzt man beide erfindungsgemäßen Meßsysteme zur Verbesserung der Lageregelung, wie es beispielsweise in der DE 34 26 863 A1 offenbart ist, so erzielt man zusätzlich zu einer effektiven Störungsermittlung eine hervorragende Bearbeitungspräzision. Dies gilt vor allem für Werkzeugmaschinen, insbesondere Funkenerosionsmaschinen, mit hohen Genauigkeitsanforderungen, die erfindungsgemäß vor Störungsausfällen geschützt sind.

Außerdem ist auch die Sensibilität für die Erfassung etwaiger Störfälle im Antriebssystem selbstverständlich dann am größten, wenn die Position des Maschinenteils am Anfang der Übertragungskette, d. h. direkt am Antriebsmotor, und zugleich am Ende der Übertragungskette, d.h. am Maschinenteil selbst, gemessen wird. Irgendeine Störung innerhalb der Übertragungskette oder von außen an der Übertragungskette angreifend bewirkt dann eine Verschiebung der tatsächlichen Maschinenteil-Position gegenüber der z. B. mit dem Drehwinkelsensor eines Servomotors erfaßten Position.

In dem vorstehenden Ausführungsbeispiel wird das direkte Meßsystem zur Überwachung einer translatorischen Bewegung eines Maschinenteils verwendet. Selbstverständlich kann das erfindungsgemäße direkte Meßsystem gleichsam zum Überwachen von Rotationsachsen einer Werkzeugmaschine eingesetzt werden. In diesem Fall erfolgt die direkte Messung vorzugsweise auch mit einem Drehwinkelsensor, z. B. einem einer Rotationsachse zugeordneten optischen, induktiven oder kapazitiven Winkeldrehgeber.

Bevorzugt wird der Differenzwert der direkten und indirekten Positionsmeßwerte als Kriterium für die Erkennung eines Störungsfalles verwendet. Der Differenzwert stellt eine vorrichtungsmäßig einfach zu ermittelnde und zugleich zuverlässige und sensible Größe bezüglich einer unerwünschten Störung im Antriebssystem dar. Gegenüber der einleitend genannten Stromüberwachung im Zusammenhang mit einem bekannten Kollisionsschutzverfahren ist der Positions-differenzwert deutlich sensibler gegenüber einer Störung im Antriebssystem. Aufgrund der ausgezeichneten Dynamik z.B. von Drehgeber-Meßsystemen kann die Steuerung bei einem Auftreten einer Meßwertdifferenz oder einer Veränderung der Meßwertdifferenz sofort reagieren und entsprechend geeignete Gegenmaßnahmen einleiten.

Bevorzugt wird der ermittelte Positions-differenzwert aus direkter und indirekter Messung mit einem oder mehreren vorgegebenen Schwellwerten, welche unter Berücksichtigung der aktuellen Betriebsbedingungen, insbesondere Massenkkräfte beim Beschleunigen/Verzögern des bewegten Teils, Prozeßkräfte der Werkstückbearbeitung und/oder Reibungskkräfte im Antriebssystem ausgebildet sind, verglichen und bei Erreichen bzw. Überschreiten der Schwellwerte automatisch die jeweils geeigneten Maßnahmen eingeleitet werden, wie etwa Unterbrechen und ggf. Umkehr der Vorschub-bewegung, Reduzieren der Prozeßparameter, wie Strom, Spannung, Spüldruck, etc. Im Falle einer Vorschubumkehr kann das Antriebssystem kurzzeitig bevorzugt auch stark belastet werden, um möglichst schnell in einen kollisionsfreien Zustand zu gelangen. Erfindungsgemäß ist bevorzugt auch eine qualitative Beurteilung eines Kollisionss-falles vorgesehen, indem das Ausmaß eines möglichen Kollisions-schadens unter Berücksichtigung der Kollisions-richtung, der Kollisionsgeschwindigkeit und/oder der sogenannten Kollisionstiefe quantifiziert wird. Die Werte für die Kollisionsrichtung und Kollisionsgeschwindigkeit können unmittelbar aus der Antriebssteuerung entnommen werden; und die Kollisionstiefe, nämlich derjenige Weg

des bewegten Maschinenteils vom Anfang der Kollision bis zum Stillstand oder Umkehrpunkt wird bevorzugt unmittelbar mit dem erfindungsgemäßen direkten Meßsystem ermittelt.

5

Die Schwellenwerte zur Festlegung eines Störungsfalles können z.B. für jeden spezifischen Maschinentyp statistisch festgelegt und in der Antriebssteuerung der Maschine abgelegt werden. Bevorzugt werden Schwellenwerte aber durch eine Kalibrierprozedur ermittelt, indem an einer bestimmten Werkzeugmaschine Standard-Störfallsituationen durchfahren bzw. simuliert und die jeweilige Abweichung zwischen dem direkten und indirekten Positionsmeßwert festgehalten wird. Dieser Kalibriervorgang berücksichtigt dann neben den rein dynamischen Störungseffekten zusätzlich z.B. durch Fertigungstoleranzen und Reibungseffekte im Antriebssystem induzierte Fehler. Besonders vorteilhaft sieht die Steuerung der Werkzeugmaschine in zeitlichen Abständen eine Wiederholung einer derartigen Kalibrierprozedur vor.

20

Bei einem besonders bevorzugten Ausführungsbeispiels wird anhand des Differenzwertes der direkten und indirekten Positionsmeßwerte unter Berücksichtigung der aktuellen Betriebsbedingungen eine Kollisionserfassung durchgeführt. Im Falle einer Kollision zwischen dem bewegten Maschinenteil und einem Hindernis im Arbeitsraum der Werkzeugmaschine, z.B. einem Spannmittel oder einen vorstehenden Abschnitt des zu bearbeitenden Werkstückes, wird der durch das direkte Meßsystem ermittelte absolute Meßwert des bewegten Maschinenteils hinter dem z.B. am Antriebsmotor indirekt ermittelten Meßwert "zurückbleiben". Ein abrupter Anstieg des Differenzwertes zwischen dem direkt ermittelten und indirekt ermittelten Positionsmeßwert deutet auf eine Kollisionssituation hin. Dies wird mit einem hochdynamischen indirekten Meßsystem z.B. an der Rotorwelle des Antriebsmotors oder an einer rotierenden Welle in der Übertragungskette nach dem Antriebsmotor

30

35

ohne Verzögerung erfaßt und ein entsprechendes Signal an die Antriebssteuerung der Vorschubbewegung übersandt. In Reaktion darauf wird die Vorschubbewegung des bewegten Maschinenteils sofort unterbrochen und ggf. in Umkehr-
5 richtung auf der vor der Kollision durchlaufenden Bahn zurückgefahren, um während der Rückzugsbewegung etwaige weitere Kollisionen zu vermeiden. Damit kann die Antriebssteuerung der Werkzeugmaschine besonders schnell in Kollisionsfällen reagieren, nämlich die Relativbewegung
10 zwischen dem Hindernis und dem bewegten Maschinenteil stoppen. Zwar tritt eine Kollision auf, zumindest deutet sich eine Kollision an; somit gehört dieses Verfahren im Prinzip auch zur Kategorie der eingangs genannten reaktiven Verfahren. Aufgrund der Elastizität des Antriebsstranges zwischen dem Antriebsmotor und dem bewegten Ma-
15 schinenteil kommt es dennoch zu keiner Beschädigung des Maschinenteils oder zu keinen nennenswerten, zumindest aber nur geringfügigen, Folgeschäden. Bei Unterbrechung der Vorschubbewegung im Kollisionsfall nimmt die elastische Deformation des Antriebsstranges die Kollisionsenergie nach Art einer "Knautschzone" auf. Durch entsprechende Steuerung des Antriebsmotors kann erreicht werden, daß diese aufgenommen Energie am anderen Ende des Antriebs-
20 stranges sanft abgegeben wird. Aufgrund seiner reaktiven Natur ist das erfindungsgemäße Kollisionsschutzverfahren besonders für Werkzeugmaschinen mit niedrigen Vorschubgeschwindigkeiten geeignet. Als Beispiel seien Funkenerosionsmaschinen genannt, bei welchen die maximalen Bearbeitungsgeschwindigkeiten in der Regel im Bereich von eini-
25 gen 10 mm/min liegen.

Aber auch bei Funkenerosionsmaschinen oder dergleichen können Positioniergeschwindigkeiten von einigen Metern pro Minute verwendet werden. Bei derartigen High-Speed-
35 Werkzeugmaschinen ist es daher vorteilhaft, das erfindungsgemäße Kollisionsschutzverfahren mit einem präventiven Kollisionsschutzverfahren der eingangs genannten Art zu kombinieren. Dabei wird primär der Bearbeitungsvorgang

mit Hilfe eines aktiven Kollisionsschutzsystems auf etwaige Kollision hin überwacht und bei Auftreten eines Kollisionsrisikos eine Abschaltung oder Umkehrung der Vorschubbewegung durchgeführt. Erst wenn das primäre Verfahren ausfällt oder versagt, wird als sekundäres Verfahren der erfindungsgemäße Kollisionsschutz aktiviert.

In einer bevorzugten Ausführungsform verfügt die Werkzeugmaschine über einen induktiven oder optischen Näherungssensor, der als primäres Kollisionsschutzsystem dient. Falls dieser ausfällt oder aus anderen Gründen, z.B. "toter Winkel", nicht funktioniert und dennoch eine Kollision eintritt, wird als sekundäres Verfahren die oben beschriebene Kollisionsschutzerkennung aktiviert. In einer alternativen bevorzugten Ausführungsform ist das aktive Schutzsystem ein bildverarbeitendes System, welches Größe und Position der im Arbeitsraum der Werkzeugmaschine befindlichen Elemente, z.B. Werkstücke, Spannmittel, etc., erkennt und die Fahrwege der Achssteuern entsprechend einschränkt. Wenn dieses primäre System versagt, wird dann ein sekundärer Kollisionsschutz gemäß der vorliegenden Erfindung aktiviert.

Weitere Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele in Verbindung mit der beigefügten schematischen Zeichnung. In der Zeichnung zeigen:

- Fig. 1 eine schematische Darstellung des X/Y/Z-Achsantriebssystems einer Senkerosionsmaschine mit den erfindungsgemäßen Meßsystemen; und
- Fig. 2 eine Detailansicht eines Ausführungsbeispiels für einen der X-, Y- oder Z-Antriebssysteme in Fig. 1.

35

Im nachfolgenden wird das erfindungsgemäße Verfahren und die entsprechende Vorrichtung zur Störungserkennung im Zusammenhang mit einem Antriebs- bzw. Achsantriebssystem

einer Senkerosionsmaschine beschrieben. Dies ist jedoch nicht einschränkend zu verstehen, da die Erfindung einen breiten Anwendungsbereich für alle Arten von Werkzeugmaschinen hat, wie etwa Fräs-, Bohr-, Spanmaschinen, etc.,
5 hat, bei denen vergleichbare Störfälle im oder am Achsantriebssystem der Maschine auftreten können.

Im Blockschema der Fig. 1 sind die wesentlichen Bestandteile eines X/Y/Z-Antriebssystems einer Senkerosionsmaschine angegeben. Die übrigen Bestandteile der Senkerosionsmaschine, wie Maschinengestell, Spülsystem, Werkzeugtisch, etc., sind nicht dargestellt, da sie für das Verständnis der Erfindung keine Rolle spielen und außerdem von an sich bekannter Bauart sind. Für jede der drei
10 Hauptachsen in X-, Y- und Z-Richtung ist ein eigenes Antriebssystem vorgesehen. Für die Z-Achse zur Steuerung der Vorschubbewegung einer Senkelektrode 10 in Z-Richtung besteht das Antriebssystem aus einem Servomotor 12, z. B. ein Wechselstrom-Asynchronmotor, der ausgangsseitig über
20 einen Keil- oder Zahnriemen 14 mit einer aus mehreren Übertragungsgliedern bestehenden Vorschubmechanik 16 zur Wandlung der Drehbewegung des Servomotors 12 in eine lineare Bewegung gekoppelt ist. Ein Beispiel einer derartigen Vorschub- und Übertragungsmechanik 16 wird im Zusammenhang mit Fig. 2 später näher erläutert. Am vorderen
25 freien Ende der Vorschubmechanik 16 wird die Senkelektrode 10 gehalten, mit welcher ein auf einem nicht dargestellten Arbeitstisch eingespanntes Werkstück 20 senkeroziert wird. Die Antriebssysteme für die X- und Y-Achsen
30 sind ähnlich aufgebaut. Es sind auch hier für jede Achse ein Servomotor 22 bzw. 24 vorgesehen, die jeweils über Keil- oder Zahnriemen 23 bzw. 25 mit einer X-Vorschubmechanik 26 bzw. einer Y-Vorschubmechanik 27 gekoppelt. Die X- und Y-Vorschubmechaniken 26, 27 sind in
35 Fig. 1 nur schematisch angedeutet. Sie sind in der Praxis bevorzugt miteinander in Serie gekoppelt und bestehen meistens aus einem kartesischen X/Y-Kreuztisch mit kreuzgekoppelten X- und Y-Bewegungsschlitten. Über diesen X/Y-

Kreuztisch wird das Werkstück 20 in der X/Y-Ebene relativ zur Senkelektrode 10 bewegt.

Jedes der X/Y/Z-Antriebssysteme verfügt über eine eigene
5 Achssteuerungseinheit, nämlich eine Achssteuerungseinheit 28 für den X-Antrieb, eine Achssteuerungseinheit 29 für den Y-Antrieb und eine Achssteuerungseinheit 30 für den Z-Antrieb, welche die zum senkerosiven Bearbeiten des Werkstückes 20 notwendige, die Senkkontur bestimmende
10 Vorschubbewegung der Senkelektrode 10 und ggf. eine Relativbewegung in X/Y-Ebene zwischen der Senkelektrode 10 und dem Werkstück 20 steuern. Hierzu geben die X-, Y- und Z-Achssteuerungseinheiten 28, 29, 30 die entsprechenden Positionssignale an die Servomotoren 12, 22, 24 aus. Die
15 Positionsdaten zur Erzeugung der X-, Y- und Z-Stellsignale erhalten die jeweiligen Achssteuerungseinheiten 28, 29, 30 aus einer zentralen CNC-Steuerungseinheit 60 der Senkerosionsmaschine. In der CNC-Steuerungseinheit 60 werden die programmierten oder
20 z. B. aus einem übergeordneten Rechner erhaltenen Bahn- und Konturdaten bevorzugt einer Feininterpolation und ggf. einer Bahnkorrekturprozedur unterworfen und dann in Form von Positionssignalen X_{pos} , Y_{pos} und Z_{pos} an die jeweiligen X-, Y- und Z-Achssteuerungseinheiten 28, 29, 30
25 ausgegeben. Die CNC-Steuerungseinheit 60 der Senkerosionsmaschine steht im übrigen mit einer Generator- und Prozeßsteuerungseinheit 61 in Verbindung, welche die aktuellen Bearbeitungsbedingungen, wie Bearbeitungsstrom, Bearbeitungsspannung, Impulspausenzeiten, Spülung, etc.,
30 steuert. Aus diesen Größen gewinnt die CNC-Steuerungseinheit 60 die aktuellen Bahngeschwindigkeits- und Vorschubgeschwindigkeitsdaten, welche als Geschwindigkeitssignale V_x , V_y und V_z an die jeweiligen Achssteuerungseinheiten 28, 29 und 30 zur Lage- und Geschwindigkeitsregelung weitergegeben werden.
35

Erfindungsgemäß werden durch Messung einer durch ein Antriebssystem eingestellten Position an verschiedenen,

mindestens aber zwei, Orten einer mechanischen Übertragungskette des Antriebssystems Störungsfälle erfaßt und geeignete Gegenmaßnahmen eingeleitet. Wie aus Fig. 1 ersichtlich ist, sind für das Z-Antriebssystem zur Bestimmung der Z-Position der Senkelektrode 10, oder besser der Position eines die Senkelektrode 10 tragenden Schlittens (vgl. Fig. 2) der Z-Vorschubmechanik 16, zwei Meßsysteme vorgesehen. Zur Positionsmessung ist einmal parallel zur Vorschubmechanik 16, d. h. parallel zum Weg des zu ver-

10 fahrenden Schlittens, ein Linearmeßsystem 70 angeordnet, welches die absolute Position der Z-Vorschubmechanik 16 direkt mißt und ein Positionsmeßsignal Z_{pos1} an die Z-Achssteuerungseinheit 30 übermittelt. Eine bevorzugte Ausführung des Linearmeßsystems 70 ist in Fig. 2 detaillierter dargestellt. Zusätzlich ist mit der Rotorwelle des Servomotors 12 ein indirektes rotatorisches Meßsystem 80 gekoppelt, das ein induktiver Resolver, ein Inkremental-Encoder oder jede andere Art von dynamischen und hochauflösenden Drehwinkelsensor sein kann. Mit einem

20 derartigen Drehwinkelsensor 80 wird die Z-Position des Schlittens der Z-Vorschubmechanik 16 und damit die Z-Position der Senkelektrode 10 indirekt ermittelt, indem die jeweilige Rotorlage des Servomotors 12 gemessen und unter Berücksichtigung des Übertragungsverhaltens des Zahnriemens 14 und der Übertragungs- und Vorschubmechanik 16, z. B. der Steigung eines Spindeltriebes, auf die entsprechende Z-Position der Z-Vorschubmechanik 16 geschlossen wird. Aus dem Drehwinkelsensor 80 erhält demnach die

25 Z-Achssteuerungseinheit 30 ebenfalls ein Z-Positionsmeßsignal Z_{pos2} .

Die Meßauflösung des indirekten Meßsystems 80 ist bevorzugt um ein Vielfaches größer als diejenige des direkten Linearmeßsystems 70, so daß das indirekte Meßsystem 80

35 für die Lageregelung der Z-Vorschubbewegung bestens geeignet ist. Es sind aber auch Fälle denkbar, bei welchen die Lageregelung nur mit dem direkten Linearmeßsystem 70 oder zur Verbesserung der Regelgenauigkeit durch Kombina-

tion der Meßsysteme 70 und 80, durchgeführt wird, so wie beispielsweise in der DE 34 26 863 A1 vorgeschlagen. Bei einer Lageregelung mit dem Linearmeißsystem 70 schließt der Regelkreis die gesamte Übertragungskette ein, so daß etwaige Übertragungsfehler der Mechanik vom Längenmeißsystem 70 erkannt und von der Regelelektronik ausgeregelt werden. Für die Lage- und Geschwindigkeitsregelung des Z-Vorschubes umfaßt die Z-Achssteuerungseinheit 30 einen PID-Positions- und Geschwindigkeitsregler 31, in welchen die Positionsmeißsignale Z_{pos2} sowie entsprechende Geschwindigkeitssignale v_z für eine dynamische Regelung aus dem Drehwinkelsensor 80 und die Positionsmeißsignale Z_{pos1} aus dem Linearmeißsystem 70 zur Verbesserung der Regelgenauigkeit zurück geführt werden. Dem PID-Regler 31 ist ein PID-Stromregler 32 und ein Verstärker 33 zur Übertragung der Steuerungssignale an den Servomotor 12 nachgeschaltet. Über eine Stromrückführungsschleife in den PID-Stromregler 32 erfolgt außerdem eine Zustandsreglung.

Die X- und Y-Achssteuerungseinheiten 28, 29 sind ähnlich wie die Z-Achssteuerungseinheit 30 aufgebaut. Ebenso verfügen die Servomotoren 22 und 24 über Drehwinkelsensoren 81, 82 zur indirekten Messung der Position der zu bewegendenden Maschinenteile, d. h. des X-Tisches bzw. des Y-Tisches. Diese Positionsmessung wird zur dynamischen Lageregelung verwendet. Eine zusätzliche direkte Positionsmessung ist im X- und Y-Antriebssystem jedoch nicht vorgesehen.

Das vorliegende erfindungsgemäße Ausführungsbeispiel nutzt die Kombination von direkter und indirekter Messung der eingestellten Z-Position anhand des Linearmeißsystems 70 (am Ende der Übertragungskette) und des Drehwinkelsensors 80 (am Anfang der Übertragungskette) zur Erfassung von möglichen Störfällen im Z-Antriebssystem der Senkermaschine.

Etwaige Störfälle innerhalb der Übertragungskette von Servomotor 12 zum Schlitten der Vorschubmechanik 16 oder von außen induzierte Störfälle am Z-Vorschub bewirken eine Verschiebung der absoluten Position Z_{pos1} der Z-Vorschubmechanik 16 gegenüber der mit dem Drehwinkelsensor 80 indirekt erfaßten Position Z_{pos2} , d. h. in der Regel wird der direkte Meßwert Z_{pos1} hinter dem indirekten Meßwert Z_{pos2} "zurückbleiben". Eine Differenz zwischen den Positionsmeßwerten $Z_{pos2} - Z_{pos1} = \Delta$ wird als Kriterium für das Auftreten einer Fehlfunktion oder eines Störfalles im Z-Antriebssystem verwendet. Beispielsweise können im Laufe der Zeit mechanische Defekte oder Spiele, Losen oder Elastizitäten durch Abnutzung oder Materialermüdung in der Übertragungs- und Vorschubmechanik 16 oder elektrische Defekte am Servomotor 12 auftreten. Ein nicht ordnungsgemäßer Betrieb des Z-Antriebssystems wird häufig aber auch durch eine Kollision zwischen der Senkelektrode 10 und dem Werkstück 20 oder einem anderen Hindernis im Arbeitsraum der Senkerosionsmaschine hervorgerufen werden. Beim Auftreten einer Kollision nimmt der Positions-differenzwert Δ im Augenblick der Kollision rapide zu. Dieser Differenzwert wird in der Z-Achssteuerungseinheit 30 vorgesehene Rechneinheit 35 laufend ermittelt und mit in der Rechneinheit 35 abgelegten Schwellenwerten Δ_{thres} verglichen. Erreicht bzw. überschreitet der ermittelte Differenzwert Δ einen vorgegebenen Schwellenwert oder überschreitet die ermittelte Differenzwertsteigung eine vorgegebene Schwellwertzunahme, erzeugt die Z-Achssteuerungseinheit 30 ein Unterbrechungssignal für den Servomotor 12, so daß die Z-Vorschubbewegung sofort gestoppt und in bestimmten Fällen aufgrund eines weiteren Steuerungssignals aus der Rechneinheit 35 auf der Verschiebungsbahn vor der Kollision in einen kollisionsfreien Zustand zurückgefahren wird.

35

Der Positions-differenzwert Δ liefert eine sehr zuverlässige und sensible Größe für das Auftreten einer Kollision. Aufgrund der hohen Meßgenauigkeit und der guten Dyna-

mik des indirekten Meßsystems 80 am Servomotor 12 kann
 die Z-Achssteuerung 30 bei einer Kollisionserfassung ohne
 Verzögerung reagieren und die Vorschubbewegung unterbre-
 chen. In der Regel treten dann bei einer Kollision ledig-
 5 lich elastische Deformationen des Antriebsstranges auf,
 aber keine ernsthaften Folgeschäden an der Maschine oder
 am Werkstück, so daß die Senkerosionsmaschine ohne Aus-
 fall sofort weiter betrieben werden kann. Die in der
 Rechneereinheit 35 abgelegten Schwellwerte für die Positi-
 10 onsdifferenzwerte Δ können z. B. aus einer Statistik oder
 individuell für eine bestimmte Maschine durch Abfahren
 von Standard-Kollisionssituationen ermittelt werden. Bei
 der letztgenannten Kalibrierprozedur werden neben den
 rein dynamischen Störungseffekten zusätzlich auch Ferti-
 15 gungstoleranzen und Reibungseffekte in der Z-
 Übertragungs- und Vorschubmechanik berücksichtigt. Für
 die Durchführung von derartigen Kalibrierzyklen, die in
 zeitlichen Abständen wiederholt werden können, sieht die
 Rechneereinheit 35 der Z-Achssteuerungseinheit 30 entspre-
 20 chende Steuerungsmodule vor.

Bei der Festlegung der Schwellenwerte oder des Schwellen-
 wertverlaufes für die Differenz Δ werden auch die aktuel-
 len Bearbeitungsbedingungen berücksichtigt, insbesondere
 25 die momentane Geschwindigkeit, Beschleunigung und ggf.
 die träge Masse des bewegten Maschinenteils, d. h. hier
 des Schlittens der Z-Vorschubmechanik 16 samt der mitge-
 führten Senkelektrode 10, die eine Verformung des Z-
 Vorschubstranges bewirkende Massenkraft beim Beschleuni-
 30 gen desselben verursachen. Auch dies führt zu einer wenn
 auch geringen Differenz zwischen den Positionmeßwerten
 Z_{pos1} und Z_{pos2} , ohne daß jedoch ein Störfall von der Rech-
 nereinheit 35 angezeigt und irgendwelche besonderen Maß-
 nahmen am Antriebssystem ausgelöst werden sollen.

35

Nach einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung
 wird das vorstehende Kollisionsschutzverfahren mit einem
 präventiven Kollisionsschutzverfahren kombiniert. Hierzu

ist am vorderen Ende der Z-Vorschubmechanik 16 ein in Fig. 1 schematisch dargestellter induktiver oder kapazitiver Näherungssensor 71 vorgesehen, der mit der Z-Achssteuerungseinheit 30 verbunden ist und während der Bearbeitung den Arbeitsraum laufend auf eine etwaige Kollision mit Hindernissen im Arbeitsraum überwacht und bei Unterschreiten eines vorgegebenen Mindestanstandes eine Schnellabschaltung der Z-Vorschubbewegung bewirkt. Nach einem bevorzugten erfindungsgemäßen Verfahren wird dieser aktive Kollisionsschutz als Primärschutz eingesetzt, d.h. die auf der oben beschriebenen Differenzermittlung beruhende Kollisionserfassung wird nur dann aktiviert, wenn der aktive Kollisionsschutz ausfällt oder aus irgendwelchen anderen Gründen, z. B. toter Winkel, nicht funktionieren sollte.

Fig. 2 zeigt eine Detailansicht eines Antriebssystems, wie es in Fig. 1 beispielsweise für die Z-Vorschubbewegung beschrieben wurde. Einander entsprechende Bauteile tragen daher die gleichen Bezugszeichen. Gemäß Fig. 2 treibt ein Servomotor 12 über eine Vorschubspindel 17 das zu bewegendende Maschinenteil, nämlich einen Schlitten 18 an. Der Schlitten 18 ist auf Führungsschienen 19 an einem relativ dazu ruhenden Abschnitt des Maschinengestells in Richtung des eingezeichneten Doppelpfeiles, z. B. die Z-Hauptachsenrichtung, verschiebbar. Zur Übertragung der Drehbewegung des Servomotors 12 in eine lineare Bewegung des Schlittens 18 ist der Servomotor 12 ausgangsseitig über einen Zahnriemen 14 mit der Vorschubspindel 17 gekoppelt. Die Vorschubspindel 17 ist in einem Kugelgewinde 21 mit z. B. vorgespannten Schrägkugellagern einseitig fest gelagert.

Zur indirekten Positionsmessung ist unmittelbar am Servomotor 2 ein Drehwinkelsensor 80 vorgesehen, z. B. ein Resolver oder ein optischer Inkremental-Encoder. Zusätzlich ist parallel zur Vorschubspindel 17, d. h. parallel zum Verfahrensweg des Schlittens 18, ein Linearmeßsystem 70

angeordnet. Dieses umfaßt einen länglichen Maßstab 51, der mit Maßstabstrichen oder mit einem aus Beugungsgittern bestehenden Markierungsmuster versehen ist, und einem Abtaster 72 z. B. in Form eines Vertikalresonator-Lasers, der mit dem Schlitten 18 mechanisch verbunden ist. Beim Überfahren eines jeden Maßstabstriches wird von dem Längenmeßsystem 70 ein Positionssignal Z_{pos1} an die Achssteuerungseinheit der Senkerosionsmaschine übermittelt. Die indirekte Messung der entsprechenden Position Z_{pos2} findet mit dem Drehwinkelsensor 80 am Servomotor 12 statt. Die Positionsmeßwerte Z_{pos1} und Z_{pos2} werden erfindungsgemäß zu einer Störungserfassung im Antriebssystem, insbesondere zur Kollisionserfassung, genutzt, wie es vorstehend im Zusammenhang mit Fig. 1 beschrieben ist.

15

20

SAMSON & PARTNER

PATENTANWÄLTE · EUROPEAN PATENT ATTORNEYS · EUROPEAN TRADE MARK ATTORNEYS

UNSER ZEICHEN/OUR REF

DATUM/DATE

A0108-272-DEP00Ns

16. Dezember 1999

No/5/sj

AGIE SA
Via dei Pioppi 2
CH-6616 Losone

Patentansprüche

5

10

15

20

25

30

1. Verfahren zur Störungserfassung im Antriebssystem einer numerisch gesteuerten Werkzeugmaschine oder dergleichen, wobei mindestens ein Antriebsmotor (12) zur Positionierung eines zu bewegenden Maschinenteils (18, 16) über ein oder mehrere Übertragungselemente (17, 14) gekoppelt ist, wobei:
 - a) die Position des bewegten Maschinenteils (18, 16) direkt am Maschinenteil (18, 16) und zusätzlich indirekt an mindesten einem Ort der Übertragungskette gemessen wird,
 - b) die direkten und indirekten Positionsmeßwerte (Z_{pos1} , Z_{pos2}) miteinander verglichen werden, und
 - c) der Meßwertevergleichswert unter Berücksichtigung der aktuellen Betriebsbedingungen bei Erfüllen eines vorgegebenen Kriteriums zur Erfassung eines Störungsfalles verwendet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, die indirekte Messung der Position des zu bewegenden Maschinenteils (18, 16) am Antriebsmotor (12) durchgeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Differenzwert (Δ) der direkten und indirekten Positionsmeßwerte (Z_{pos1} , Z_{pos2}) als Krite-

rium für die Erkennung eines Störungsfalles verwendet wird.

- 5 4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,
daß der Differenzwert (Δ) mit einem oder mehreren
vorgegebenen Schwellwerten (Δ_{thres}), welche unter Berücksichtigung der aktuellen Betriebsbedingungen, insbesondere Massenkräfte beim Beschleunigen des bewegten Teils, Prozeßkräfte der Werkstückbearbeitung
10 und/oder Reibungskräfte im Antriebssystem ausgebildet sind, verglichen und bei Erreichen bzw. Überschreiten der Schwellwerte automatisch die jeweils geeigneten Maßnahmen eingeleitet werden.
- 15 5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur Festlegung von maschinenspezifischen Schwellwerten (Δ_{thres}) eine Kalibrierprozedur durchgeführt wird, bei welcher maschinenspezifische Standard-Störfallsituationen abgefahren werden.
20
- 25 6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche gekennzeichnet, daß anhand des Differenzwertes (Δ) der direkten und indirekten Positionsmeßwerte (Z_{pos1} , Z_{pos2}) unter Berücksichtigung der aktuellen Betriebsbedingungen eine Kollisionserfassung durchgeführt wird.
- 30 7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß unmittelbar nach Kollisionserfassung eine Abschaltung der Vorschubbewegung und/oder eine Vorschubumkehr des bewegten Maschinenteils eingeleitet wird.
- 35 ⑧. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß nach einer Kollisionserfassung ein möglicher Schaden unter Berücksichtigung der ermittelten Kollisionsrichtung, Kollisionsgeschwindigkeit

und/oder Kollisionstiefe bewertet wird und ggf. Maßnahmen zur Schadensbehebung aktiviert werden.

- 5 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6-8, gekennzeichnet durch eine Kombination mit einem präventiven Kollisionsschutzverfahren.
- 10 10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß primär der Bearbeitungsvorgang mit Hilfe eines aktiven Kollisionsschutzsystems (71) überwacht und die vorgenannte Kollisionsüberwachung durch Differenzbildung der direkten und indirekten Positionsmeßwerte (Z_{pos1} , Z_{pos2}) erst bei Ausfall oder Versagen des aktiven Kollisionsschutzsystems (71) aktiviert wird.
- 15
- 20 11. Vorrichtung zur Störungserfassung im Antriebssystem einer numerisch gesteuerten Werkzeugmaschine oder dergleichen, wobei mindestens ein Antriebsmotor (12) zur Positionierung eines zu bewegenden Maschinenteils (18, 16) über ein oder mehrere Übertragungselemente (17, 14) gekoppelt ist, mit:
- 25 a) einem direkten Meßsystem (70), welches dem durch den Antriebsmotor (12) zu bewegenden Maschinenteil (18, 16) zugeordnet ist, zum Messen der aktuellen Position des zu bewegenden Maschinenteils (18, 16);
- 30 b) einem indirekten Meßsystem (80) zum indirekten Ermitteln der Position des bewegten Maschinenteils (18, 16) an mindestens einem Ort der Übertragungskette; und
- 35 c) einer Steuerungseinheit (30, 35) zum Vergleichen der ermittelten Positionsmeßwerte (Z_{pos1} , Z_{pos2}) und zum Feststellen eines Störungsfalles, wenn der Meßwertevergleichswert ein vorgegebenes Kriteriums erfüllt.

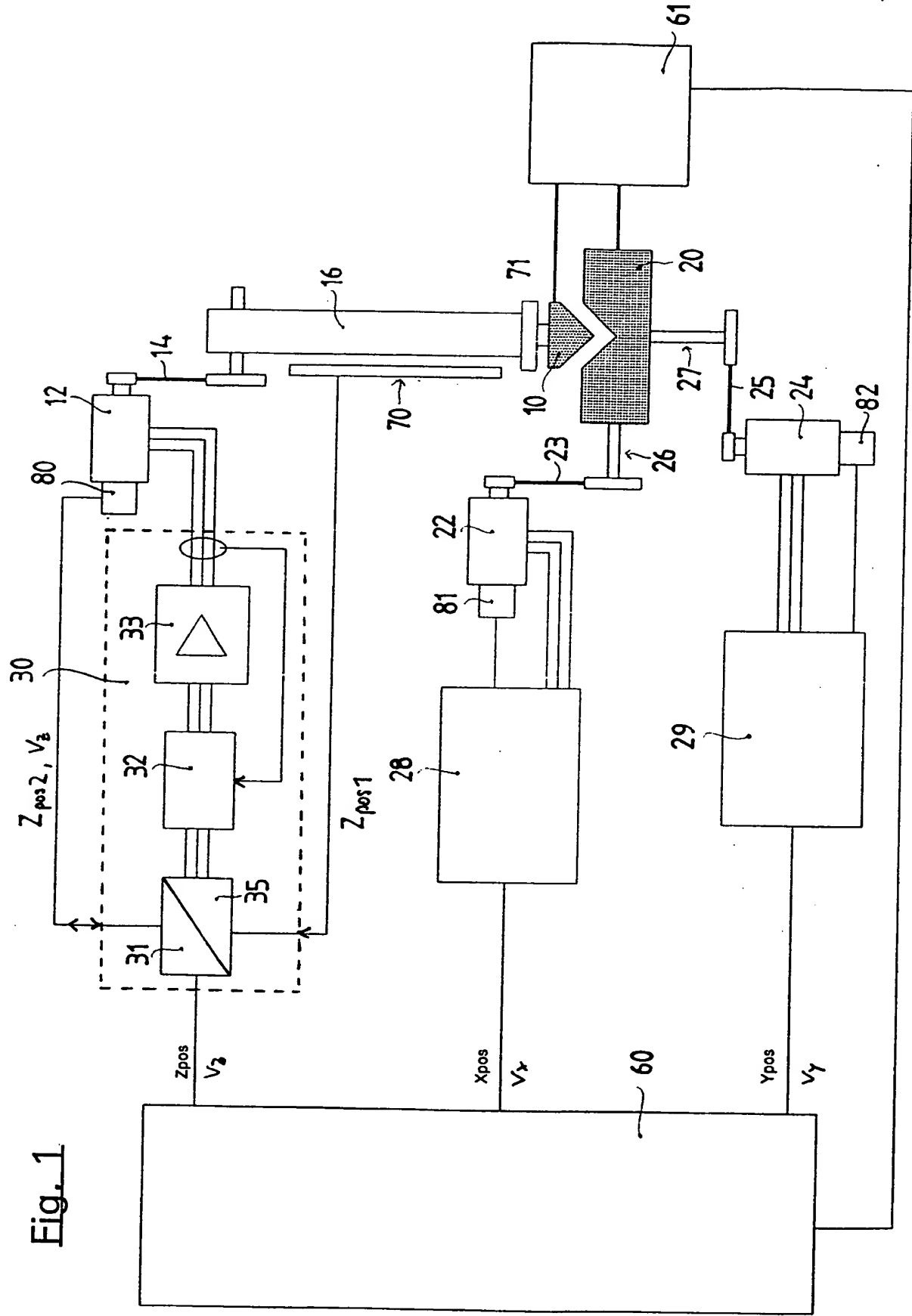
12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß das direkte Meßsystem (70) ein dem zu bewegendem Maschinenteil (18) zugeordnetes Linearmeßsystem, insbesondere ein Phasengitter-Längenmeßsystem, ist.
13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das Linearmeßsystem einen stationären Phasengittermaßstab (71) und einen mit dem zu bewegendem Maschinenteil (18) gekoppelten Vertikalresonator-Laserabtastsensor (72) aufweist.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 11-13, dadurch gekennzeichnet, daß das indirekte Meßsystem (80) ein mit der Rotorwelle des Antriebsmotors (12) unmittelbar oder mittelbar gekoppelter Drehwinkelsensor ist.
15. Vorrichtung zur Kollisionserfassung nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich ein aktives Kollisionsschutzsystem vorgesehen ist, wobei die Vorrichtung zur Kollisionserkennung bei Defekt oder Ausfall des aktiven Kollisionsschutzsystems aktivierbar ist.
16. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß als aktives Kollisionsschutzsystem ein dem zu bewegendem Maschinenteil zugeordneter Näherungssensor (71) vorgesehen ist.
17. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß als aktives Kollisionsschutzsystem ein bildverarbeitendes System zur Erfassung von Größe und Position der Elemente im Arbeitsraum der Werkzeugmaschine vorgesehen ist.

Zusammenfassung

Die Erfindung schafft ein Verfahren und eine Vorrichtung
5 zur Störungserfassung im Antriebssystem einer numerisch
gesteuerten Werkzeugmaschine oder dergleichen, wobei min-
destens ein Antriebsmotor (12) zur Positionierung eines
zu bewegenden Maschinenteils (18, 16), z. B. eines Vor-
schubschlittens oder eines X/Y-Kreuzschlittens, über ein
10 oder mehrere Übertragungselemente gekoppelt ist, wobei:
(a) die Position des bewegten Maschinenteils (18, 16) di-
rekt am Maschinenteil und zusätzlich indirekt an minde-
sten einem Ort der Übertragungskette gemessen wird; (b)
die direkten und indirekten Positionsmeßwerte miteinander
15 verglichen werden, und (c) der Meßwertevergleichswert un-
ter Berücksichtigung der aktuellen Betriebsbedingungen,
wie Bearbeitungsgeschwindigkeit und Beschleunigung/
Verzögerung, ggf. bewegten Massen, maschinenspezifische
Prozeßkräfte, etc., bei Erfüllen eines vorgegebenen Kri-
20 teriums zur Erfassung eines Störungsfalles verwendet
wird.

- Fig. 1 -

Fig. 1



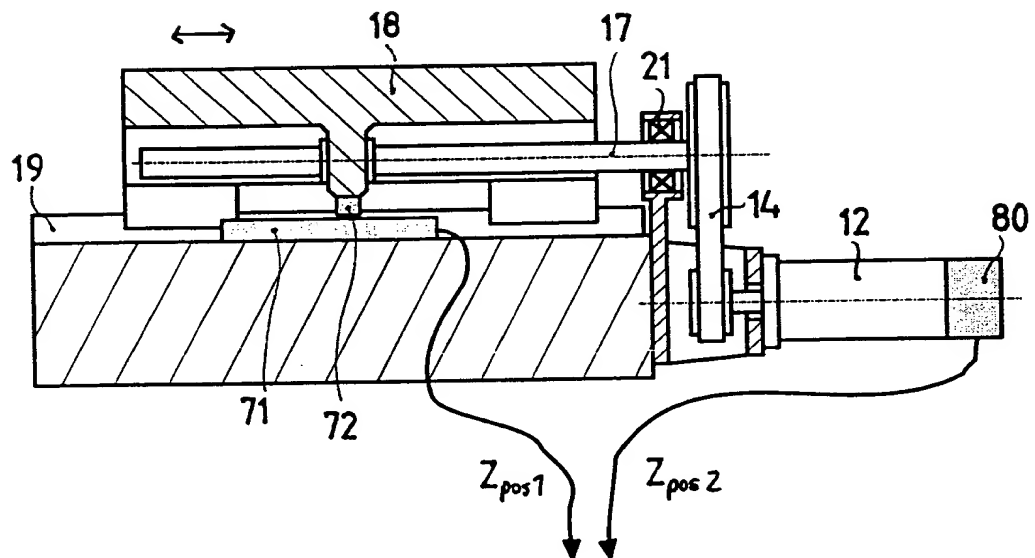


Fig. 2